

Physiologie – Athlétisme
Cours numéro 3

Le glucose et la filière anaérobie lactique

Physiologie – Athlétisme

Cours numéro 3

- I. Introduction
- II. Le glucose
- III. La filière anaérobie lactique
- IV. Amélioration de la filière anaérobie lactique
- V. L'anaérobie lactique en pratique
- VI. Ontogenèse

I. Introduction



I. Introduction

La filière alactique s'apparente à l'expression ultime de la **force**, de la **puissance** à l'état brute.



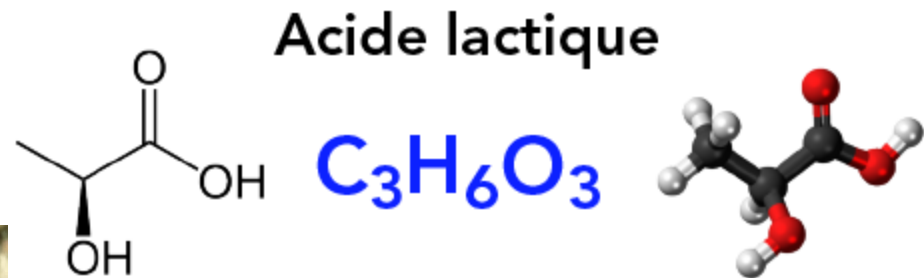
I. Introduction

La filière lactique quant à elle est destinées aux **résistants**, aux personnes dont la douleur ne représente qu'une **limite à repousser**.



I. Introduction

Beaucoup de mythes et d'idées préconçues entourent le fameux « lactique », majoritairement ses méfaits légendaires pour le corps humain...



I. Introduction

Souvenons-nous qu'un corps en bonne santé cherchera toujours à réguler son **homéostasie**. Au regard de cela, pourquoi une filière essentielle à la survie d'un organisme lui causerait du tort ?

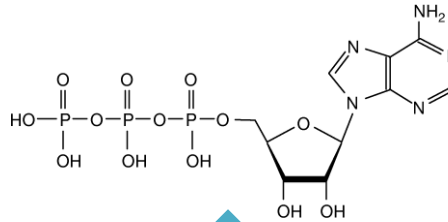
Gardons en tête que la douleur ou la fatigue ne sont que des signaux subjectifs nous alertant sur les différents états de notre corps.



I. Introduction

ENERGIE

Adenosine triphosphate (ATP)



CARBURANT ?



Filière
ANAEROBIE
ALACTIQUE

CARBURANT ?



Filière
AEROBIE

CARBURANT ?

Filière
ANAEROBIE
LACTIQUE

MOTEURS



II. Le glucose

Le glucose est un substrat énergétique.
C'est-à-dire que l'on va pouvoir en extraire les éléments nécessaires à la resynthèse d'ATP.

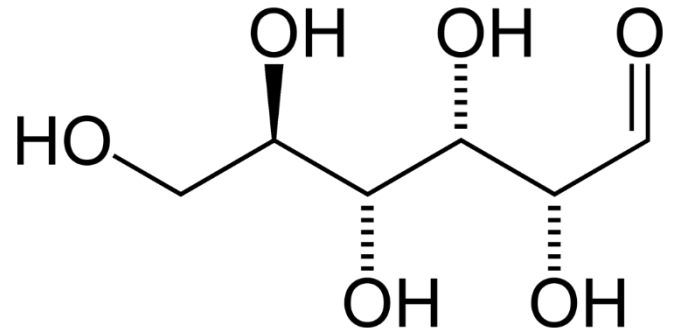
1g de glucose = 4kcal d'énergie.

Le glucose est le substrat le plus présent dans notre alimentation.

On parle de souvent de glucides pour nommer les aliments sucrés.

Ils se divisent en deux grandes catégories :

- Les sucres lents
- Les sucres rapides



II. Le glucose

Sucres rapides et lents :

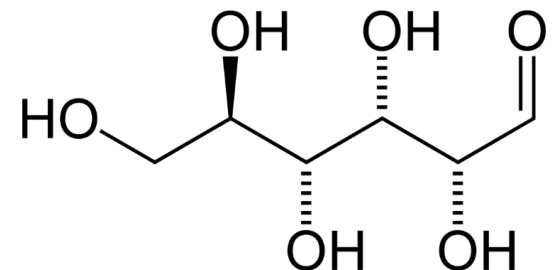
- Plus une molécule de glucose est grande (chaîne longue), plus elle est un **sucré lent**. Elle demande plus de temps pour être digérée et assimilée.
- Les **sucres rapides** sont absorbés rapidement, provoquant une élévation rapide de la glycémie.

Impact sur la glycémie :

- La consommation de sucres (rapides ou lents) augmente la **glycémie** (taux de sucre dans le sang).
- Une absorption importante de sucres rapides peut provoquer des situations extrêmes d'**hyperglycémie**.

Stockage du glucose :

- Le glucose est stocké sous forme de **glycogène** dans le foie.
- La conversion du glucose en glycogène est appelée **glycogénogenèse**.



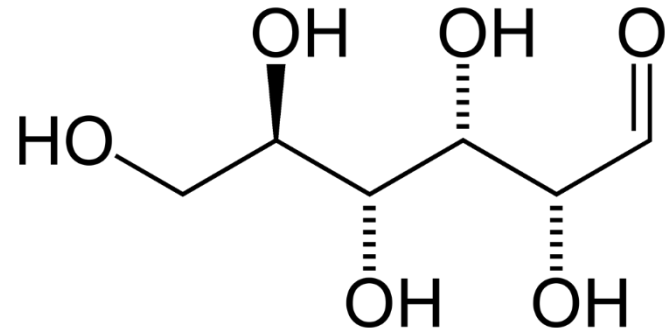
II. Le glucose

La glycémie normale se situe en moyenne entre :

0,7g/L à 1g/L de glucose dans le sang à jeun.

En dessous de 0,7g/L on parlera **d'hypoglycémie**
Au-dessus de 1g/L on parlera **d'hyperglycémie**

Lorsque la glycémie dépasse constamment les
1,26g/L de sang, le sujet est en **situation
diabétique**.



II. Le glucose

Lorsque la glycémie dépasse le seuil basal (normale) :

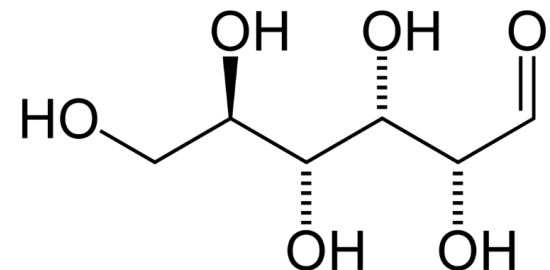
- Le pancréas libère de **l'insuline** qui :
 - Permet au glucose de pénétrer dans les cellules.
 - Ordonne au foie de déclencher une **glycogénogenèse** pour stocker l'excès de glucose sous forme de glycogène.

Lorsque la glycémie descend en dessous du seuil basal :

- Le pancréas libère du **glucagon** qui :
 - Ordonne au foie d'activer une **glycogénolyse**, transformant le glycogène en glucose.
 - Le glucose ainsi libéré dans le sang fait remonter la glycémie.

Cas d'excès de stockage en glycogène (rares) :

- Le foie initie une **lipogenèse**, convertissant l'excès de glucose en lipides, stockés sous la peau.



II. Le glucose

Localisation des stocks :

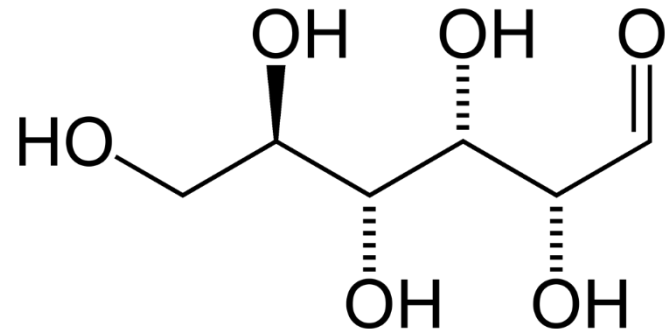
- **Foie** : Environ **500 g** de glycogène.
- **Muscles squelettiques** : Environ **100 g** de glycogène.

Durée des réserves :

- Les stocks de glycogène s'épuisent en **24 heures** si aucun apport alimentaire en glucose n'est consommé.

Importance pour les cellules nerveuses :

- Le glucose est le **substrat énergétique principal des cellules nerveuses**.
- Une carence en glucose :
 - Altère et ralentit leur fonctionnement.
 - Peut réduire le nombre de cellules nerveuses à long terme.



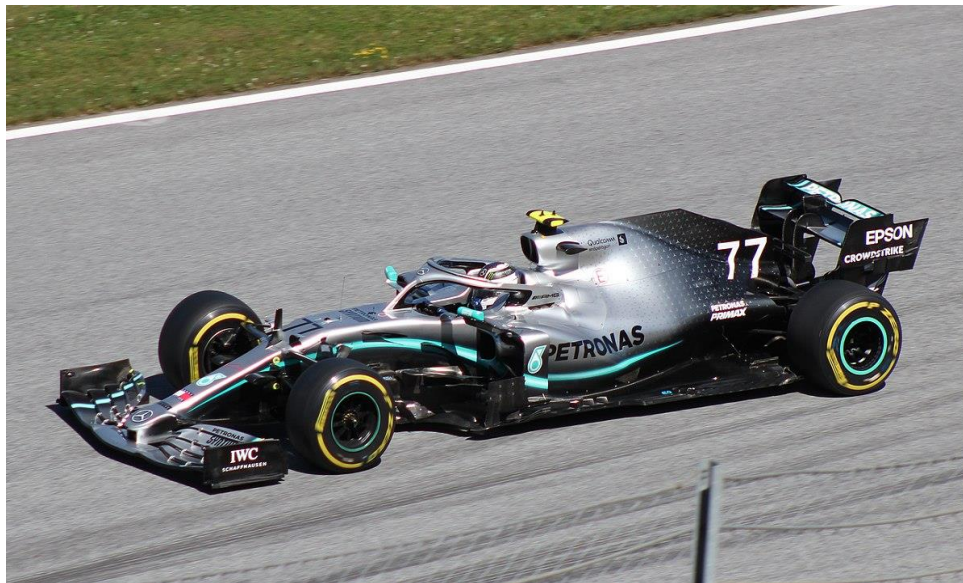
III. La filière anaérobie lactique

P. UISSANCE	Elevée à moyenne suivant le niveau d'entraînement dans cette filière.	
I. NERTIE	<p>Rapide.</p> <p>5 à 10 secondes</p>	
C. APACITE	<p>Tenue de la puissance maximale :</p> <ul style="list-style-type: none"> • 10 à 40 secondes 	<p>Capacité totale :</p> <ul style="list-style-type: none"> • 2 minutes
S. UBSTRAT	<ul style="list-style-type: none"> • Glucose (forme de circulation dans le sang) • Glycogène (forme de stockage) 	
R. ECUPERATION	20 minutes via récupération active	1h30 ou + via récupération passive

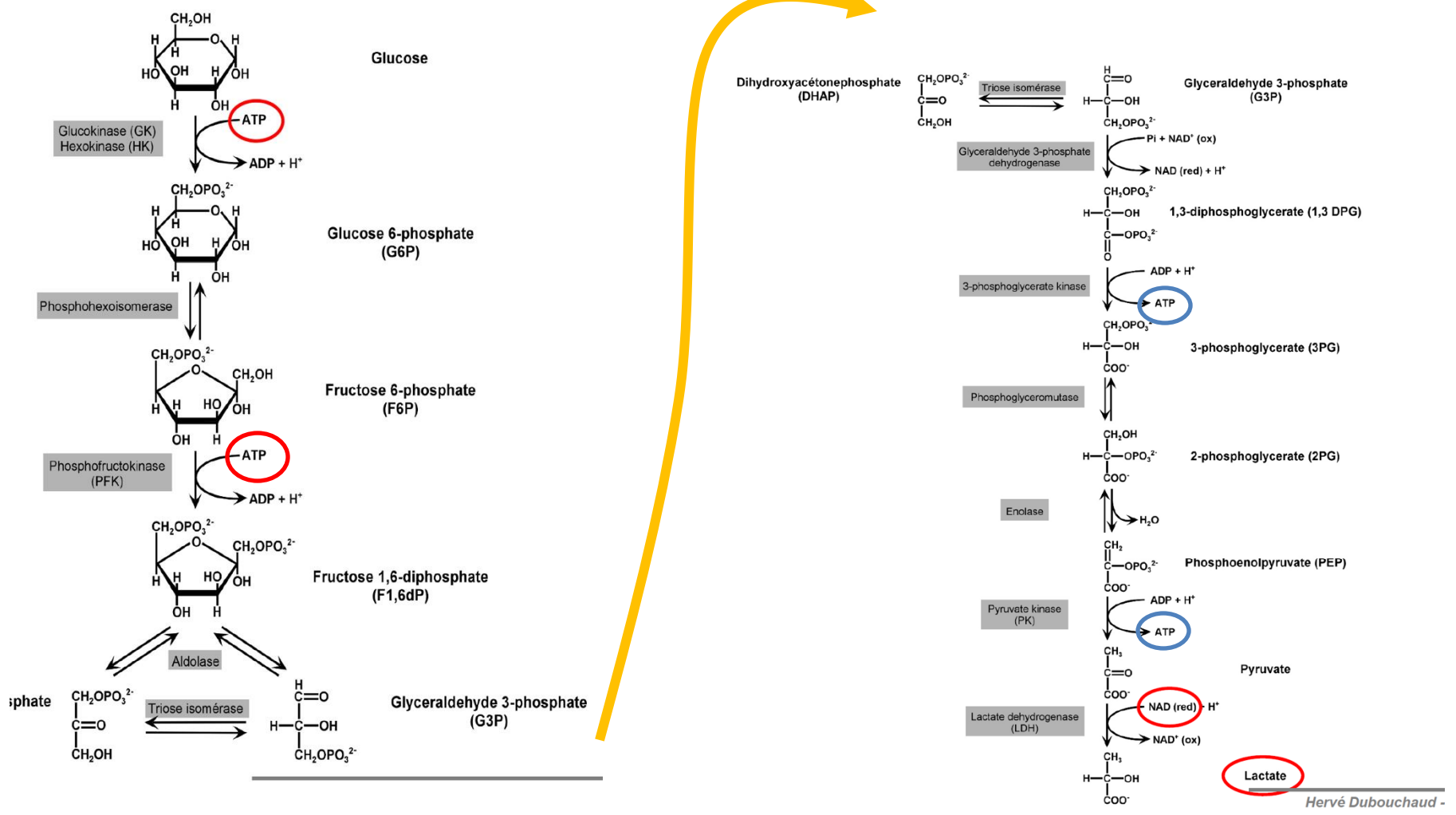
III. La filière anaérobie lactique

Cette filière s'apparente à une formule 1, **puissante et légèrement endurante** mais qui provoque de la « casse ».

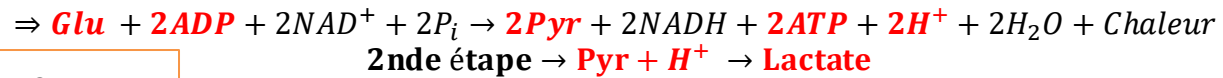
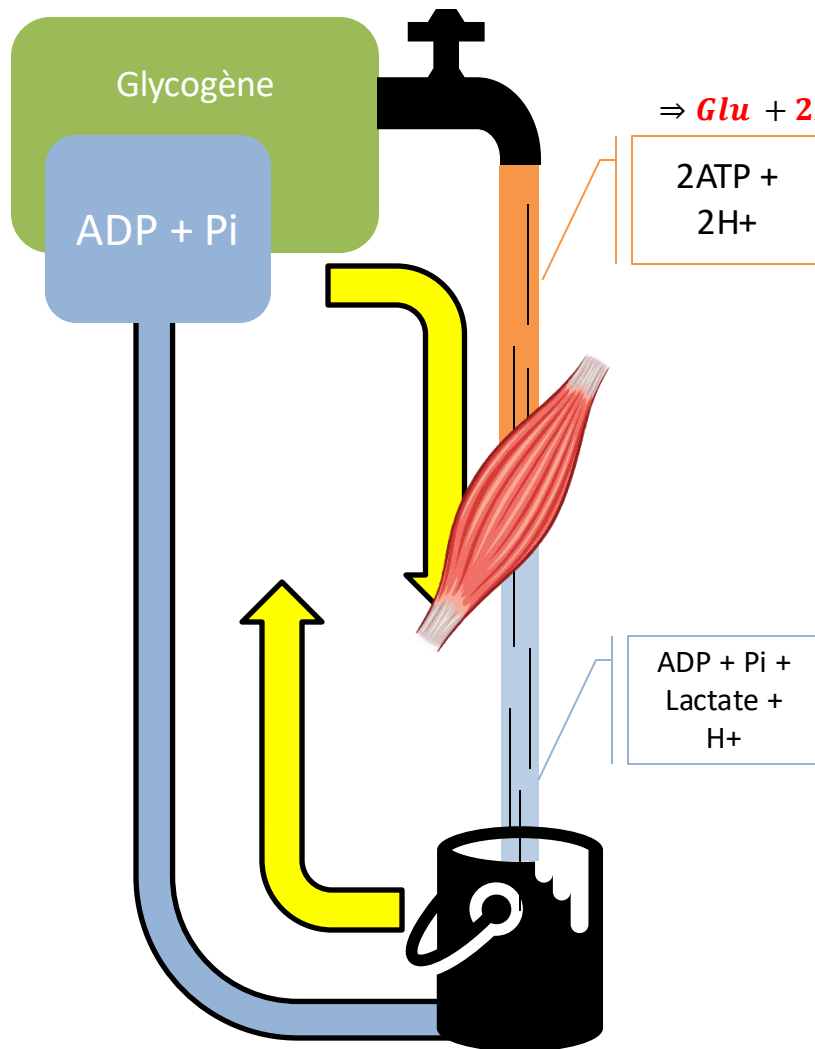
La filière anaérobie lactique permet de continuer à créer de l'énergie de manière assez puissante malgré la durée et l'intensité de l'effort. Le prix à payer est la création et l'accumulation de déchets métabolique venant perturber les contractions musculaires provoquant la diminution de la performance (= les pneus qui s'usent)



III. La filière anaérobie lactique



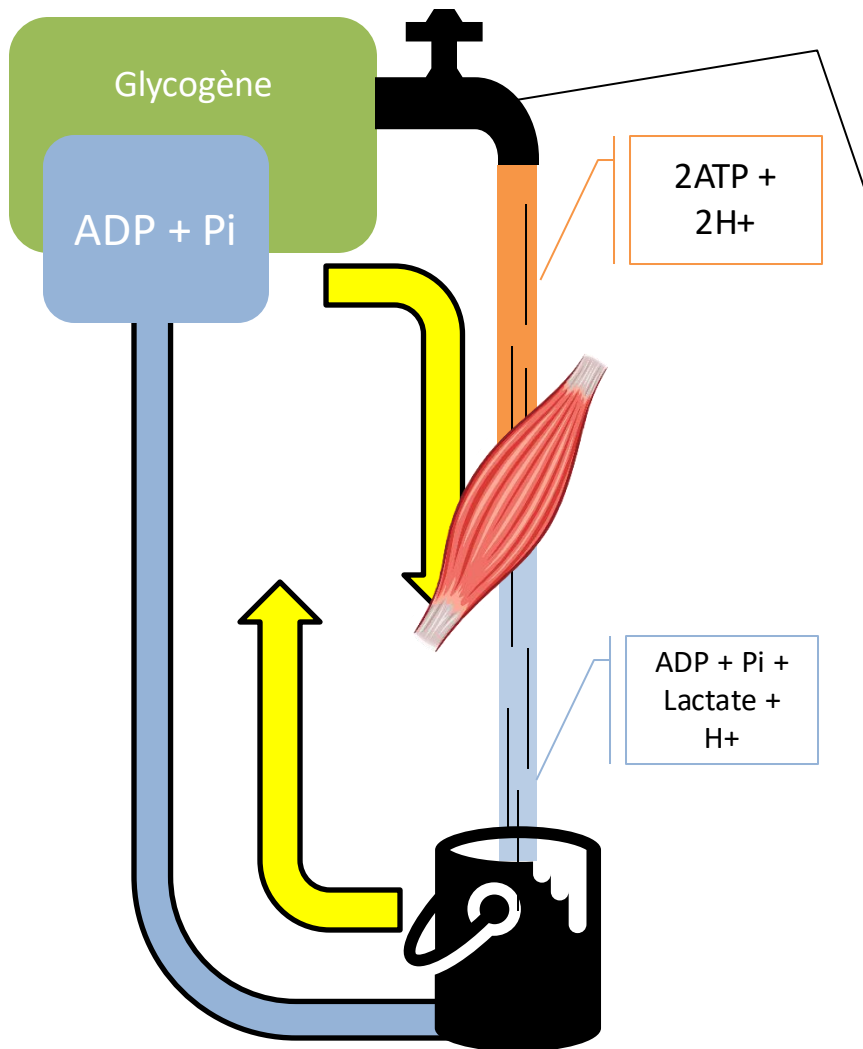
III. La filière anaérobie lactique



Glycolyse ana\u00e9robie

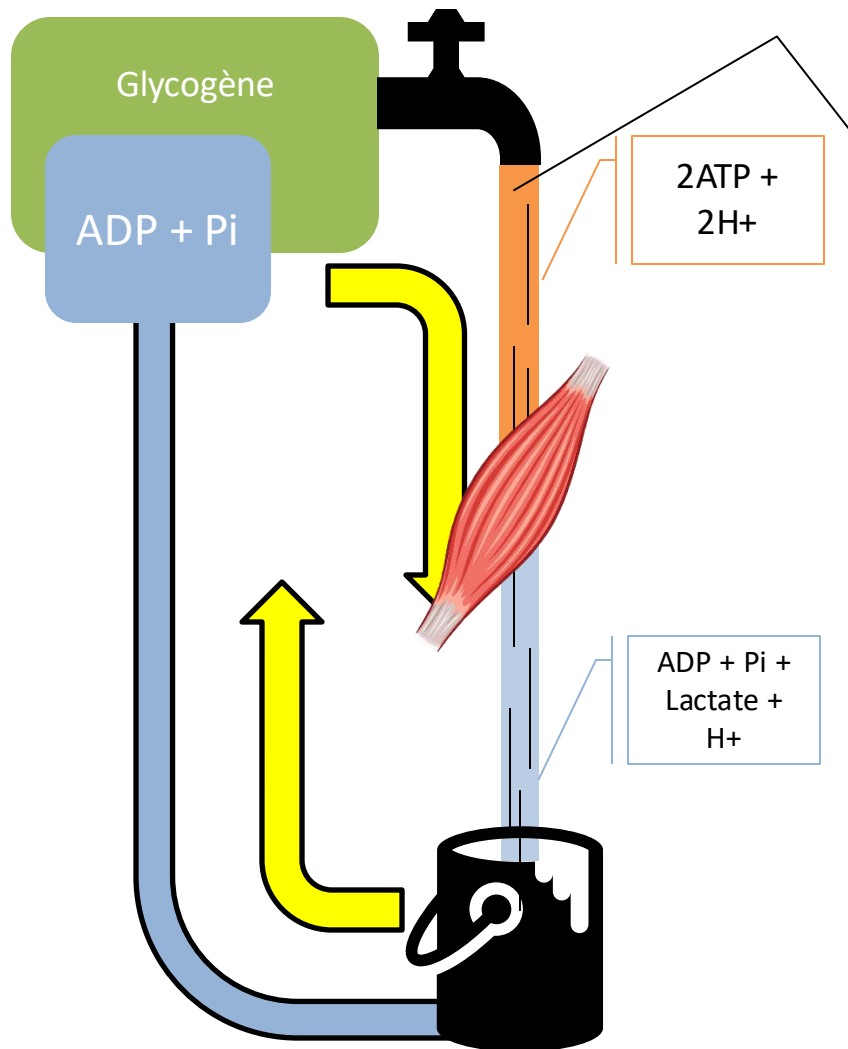
- La **glycolyse ana\u00e9robie** est une voie m\u00e9tabolique compos\u00e9e d'une dizaine d'\u00e9tapes qui permet de produire rapidement de l'ATP dans les fibres musculaires.
- Elle aboutit normalement \u00e0 la formation de **pyruvate**, qui est ensuite transform\u00e9 en **lactate** lorsque l'intensit\u00e9 de l'effort d\u00e9passe les capacit\u00e9s d'oxyg\u00e9nation.
- Contrairement \u00e0 une id\u00e9e re\u00e7ue, **le lactate n'est pas responsable de la fatigue musculaire**. Il sert plut\u00f4t de carburant recyclable, puisqu'il peut \u00eatre r\u00e9utilis\u00e9 par les muscles, le c\u0153ur et le foie pour produire de l'\u00e9nergie.
- Ce qui provoque la fatigue, ce sont surtout les **ions H⁺ lib\u00e9r\u00e9s par l'hydrolyse de l'ATP**. Leur accumulation diminue le pH intramusculaire, perturbe la contraction, la transmission nerveuse et la production d'\u00e9nergie. C'est cette acidification qui entra\u00eene la sensation de br\u00fblure et de perte de force.
- L'accumulation de m\u00e9tabolites (dont le lactate et les ions H⁺) peut \u00e9galement provoquer un l\u00e9ger gonflement temporaire du muscle, d\u00f9 \u00e0 des ph\u00e9nom\u00e8nes osmotiques.

IV. Amélioration de la filière anaérobie lactique



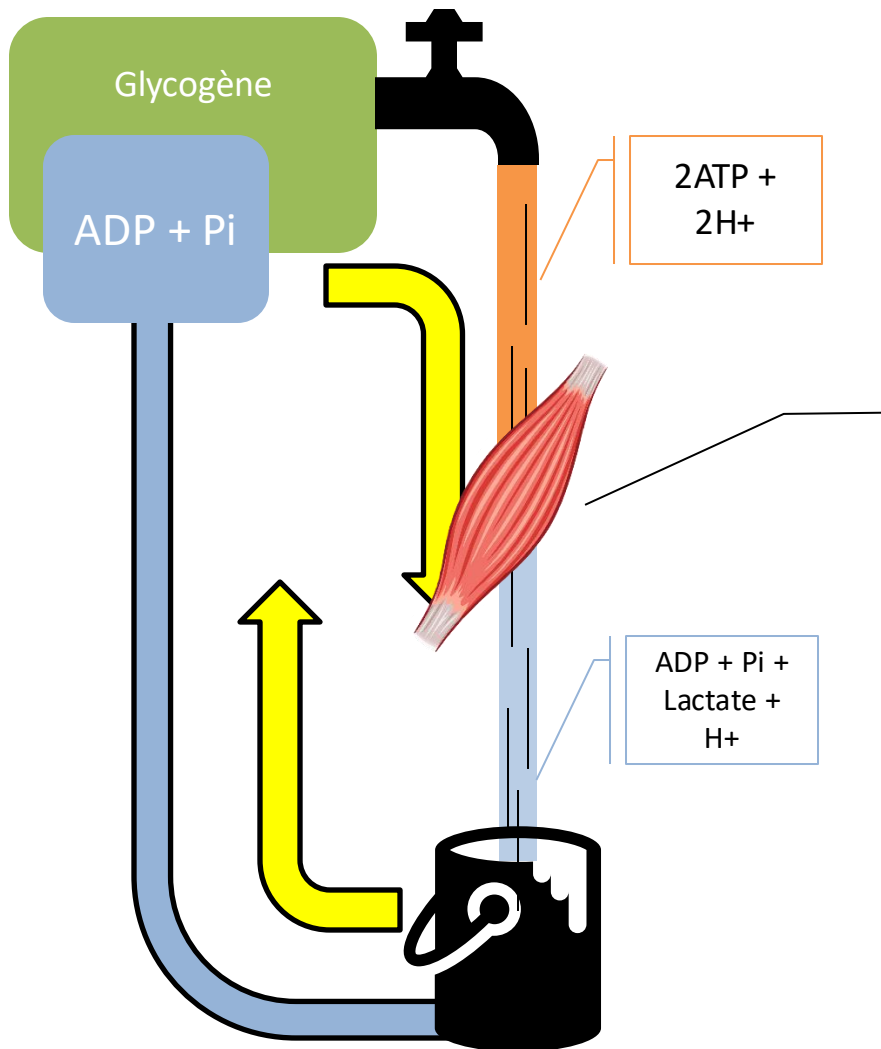
- Les entraînements réalisés à intensité élevée, notamment ceux qui sollicitent fortement la *glycolyse anaérobie*, **augmentent les stocks de glycogène musculaire**.
- Avec plus de glycogène disponible, cette filière peut fonctionner plus longtemps avant d'être limitée : elle devient donc plus « endurante ».
- Dans les *fibres rapides*, disposer de davantage de glycogène permet aussi de produire de l'énergie plus vite.
- Résultat : la filière peut devenir plus *puissante*, mais elle consomme aussi le glycogène plus rapidement, ce qui peut vider les stocks plus vite en cas d'efforts intenses répétés.

IV. Amélioration de la filière anaérobie lactique



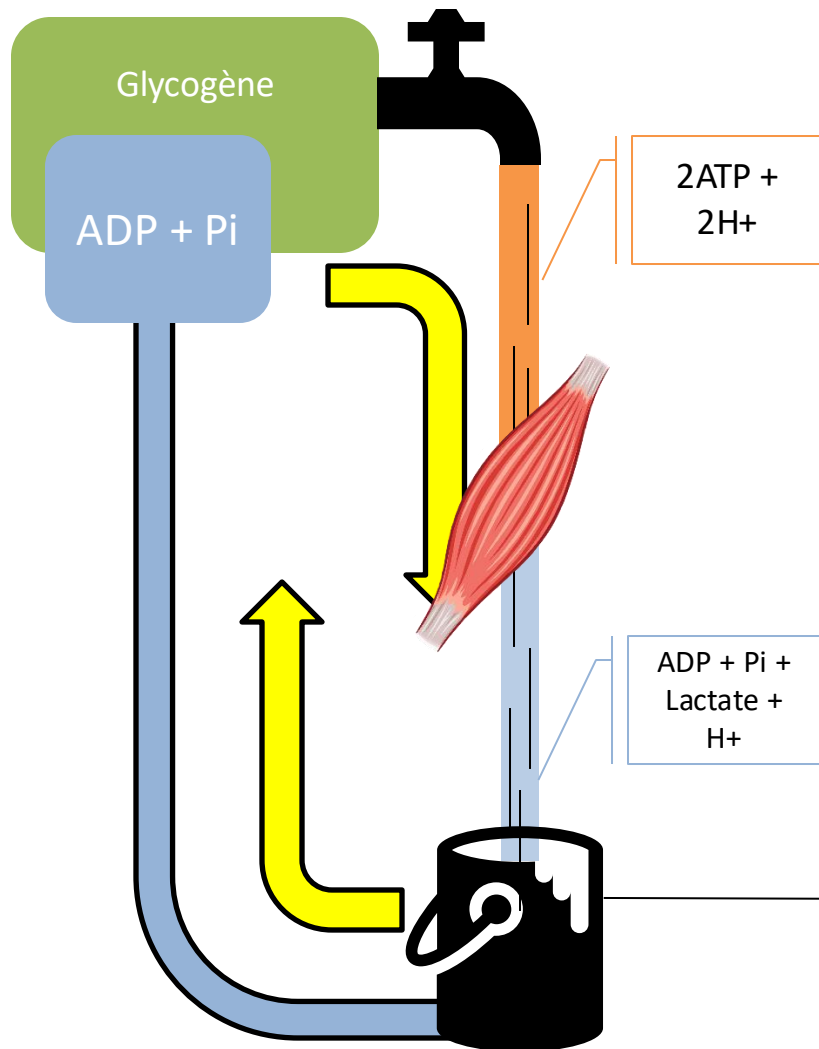
- L'entraînement en anaérobie lactique augmente le nombre de **transporteurs GLUT-4** dans les fibres musculaires.
- Ces transporteurs servent à faire **entrer le glucose dans le muscle**.
- Avec davantage de GLUT-4, le muscle peut capter plus facilement le glucose sanguin lorsqu'il en a besoin, ce qui améliore la disponibilité énergétique et l'efficacité de la glycolyse.

IV. Amélioration de la filière anaérobie lactique



- L'entraînement en anaérobie lactique n'augmente pas le nombre de fibres musculaires, mais il **améliore leurs caractéristiques** :
 - D'avantage **d'enzymes glycolytiques**.
 - Meilleure capacité à **tamponner l'acidité**.
 - **Hypertrophie** des fibres rapides.
 - **Meilleure tolérance** à l'effort intense.
- Une technique plus économique à très haute intensité permet de **mieux utiliser l'énergie** disponible.
- L'entraînement lactique peut rendre les fibres **2X plus oxydatives** et les rapprocher des fibres **2A**.
- Les fibres **2A**, qui deviennent plus puissantes et mieux adaptées au métabolisme anaérobie lactique.

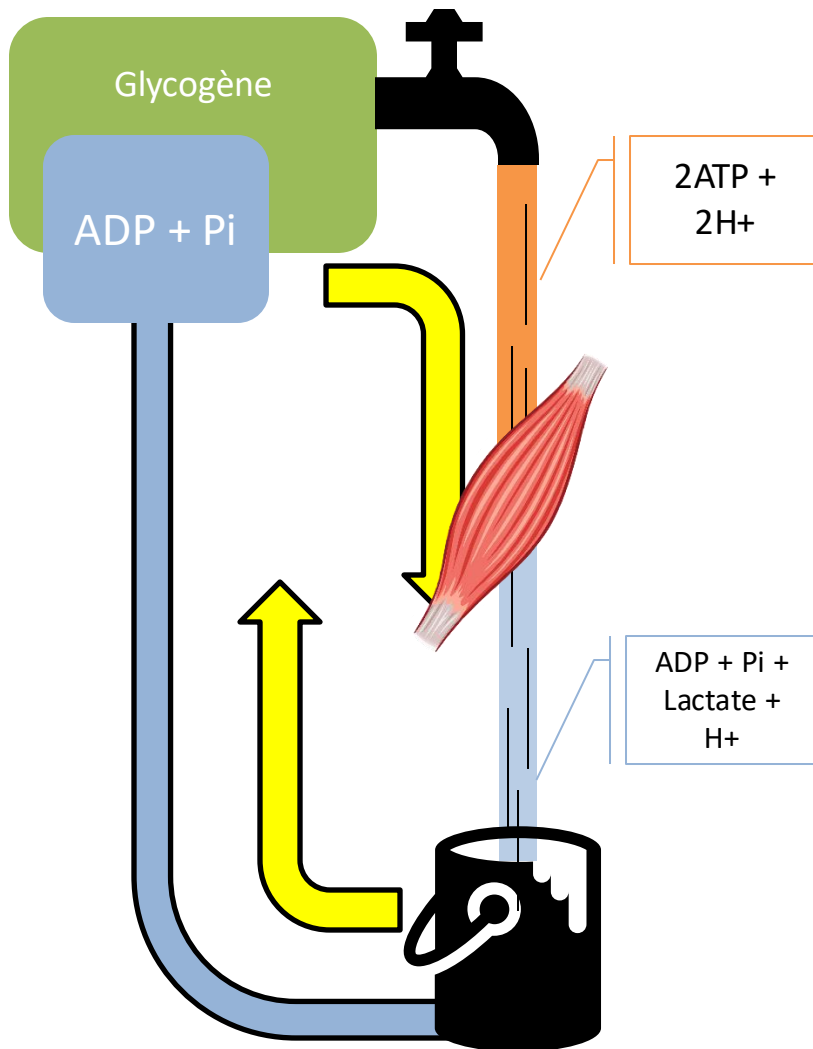
IV. Amélioration de la filière anaérobie lactique



- L'entraînement en puissance lactique améliore la capacité du muscle à **tolérer l'acidification**.
 - Cela se fait grâce à une augmentation des *systèmes tampons musculaires* (carnosine, bicarbonates, phosphate).
 - Ces systèmes neutralisent une partie des ions H⁺ et retardent la fatigue.
- L'entraînement en capacité lactique améliore la faculté du muscle à **produire et utiliser** le lactate.
 - Les enzymes responsables du recyclage du lactate (LDH) deviennent plus efficaces
 - Ce qui permet d'utiliser plus rapidement le lactate comme source d'énergie pendant l'effort.
- Un bon développement de la filière aérobie améliore le *recyclage du lactate* entre fibres musculaires :
 - les **fibres rapides** produisent beaucoup de lactate.
 - les **fibres lentes** le récupèrent et l'utilisent comme carburant.

Ce phénomène d'échange, appelé **lactate shuttle**, crée une vraie coopération entre fibres rapides et lentes.
- L'entraînement aérobie peut donner aux fibres rapides (IIa) certaines **capacités oxydatives** normalement associées aux fibres lentes (meilleure utilisation de l'oxygène, un peu plus de mitochondries).

IV. Amélioration de la filière anaérobie lactique



En résumé :

- L'entraînement anaérobie lactique améliore les stocks de glycogène musculaire et augmente l'expression des transporteurs GLUT-4.
 - Cela améliore aussi le **flux glycolytique**, c'est-à-dire la capacité du muscle à produire rapidement de l'énergie via la glycolyse.
- Le muscle améliore sa capacité à produire, **transporter et réutiliser le lactate** pour fabriquer de l'énergie grâce à l'augmentation des enzymes (LDH) et des transporteurs (MCT1/MCT4).
- L'entraînement **augmente les systèmes tampons musculaires** (carnosine, phosphates, bicarbonates), ce qui retarde les effets négatifs de l'accumulation des ions H+.
- Une technique gestuelle efficace à haute intensité réduit le coût énergétique et améliore la performance dans les efforts lactiques.
- **75%** de la normalisation du pH musculaire se fait en environ **10 à 12 minutes** avec récupération *active*.
 ≈**100%** du retour au pH de base en ≈**30 minutes** avec récupération *active*.
 En *récupération passive*, ces processus sont beaucoup plus lents (**2 à 4 h**), car l'élimination du lactate et des ions H+ dépend largement du mouvement musculaire et du débit sanguin.

V. L'anaérobie lactique en pratique

Travail de puissance lactique

Objectif : produire un **maximum de puissance glycolytique** sur une durée courte, avec maintien de la qualité de course.

Intensité :

85% à 100% de la vitesse maximale

(En-dessous de 85%, on stimule moins fortement la puissance glycolytique.)

Volume :

Efforts intermittents ou continus de **10 à 40 sec** en sprint, jusqu'à **60 sec** maximum selon le niveau.

Arrêt de la série / séance si la baisse d'intensité altère fortement la technique ou la vitesse (dérive excessive due à l'acidose).

Récupération :

3 à 15 min, passive ou active à très basse intensité (marche).

(20 minutes peut exister pour certaines séances très qualitatives)

V. L'anaérobie lactique en pratique

Travail de capacité lactique

Objectif : supporter une **forte accumulation de lactate et d'H⁺**, maintenir un effort prolongé malgré la baisse de performance.

Intensité :

70% à 90% de la vitesse maximale

(Plutôt 70–85% en continu ; 80–90% possible en intermittent court.)

Volume :

Efforts intermittents ou continus de **30 secondes à 2 min** en sprint.

(Jusqu'à 4 min, on se rapproche déjà du travail mixte lactique–aérobie.)

Continuer malgré la baisse de performance tant que la technique reste correcte.

Arrêt uniquement si incapacité réelle à maintenir l'effort ou la gestuelle.

Récupération :

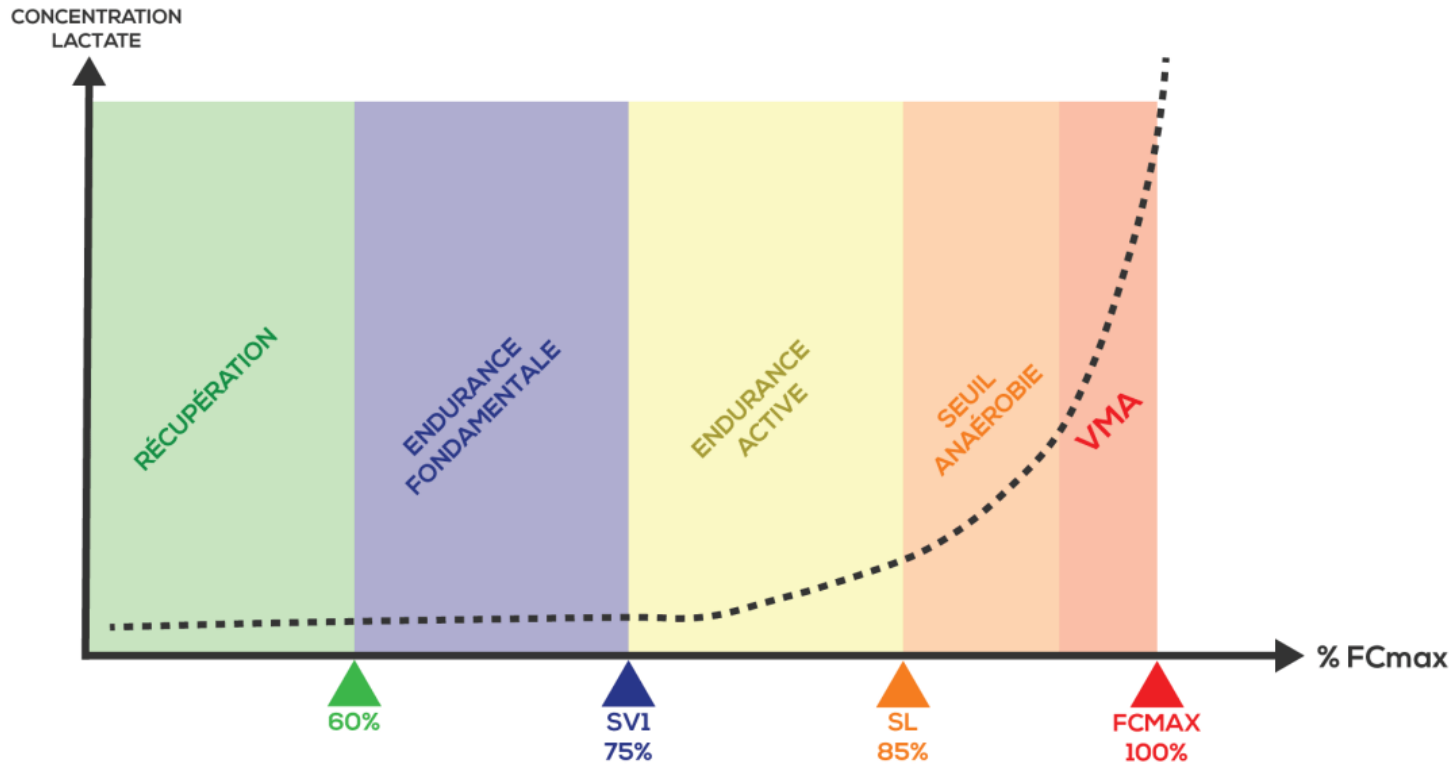
30 sec à 3 min, passive ou active à faible intensité (trot – marche soutenue).

(4 min est possible dans certains protocoles, mais la majorité se situe entre 30 sec et 3 min.)

V. L'anaérobie lactique en pratique

Travail au seuil anaérobie

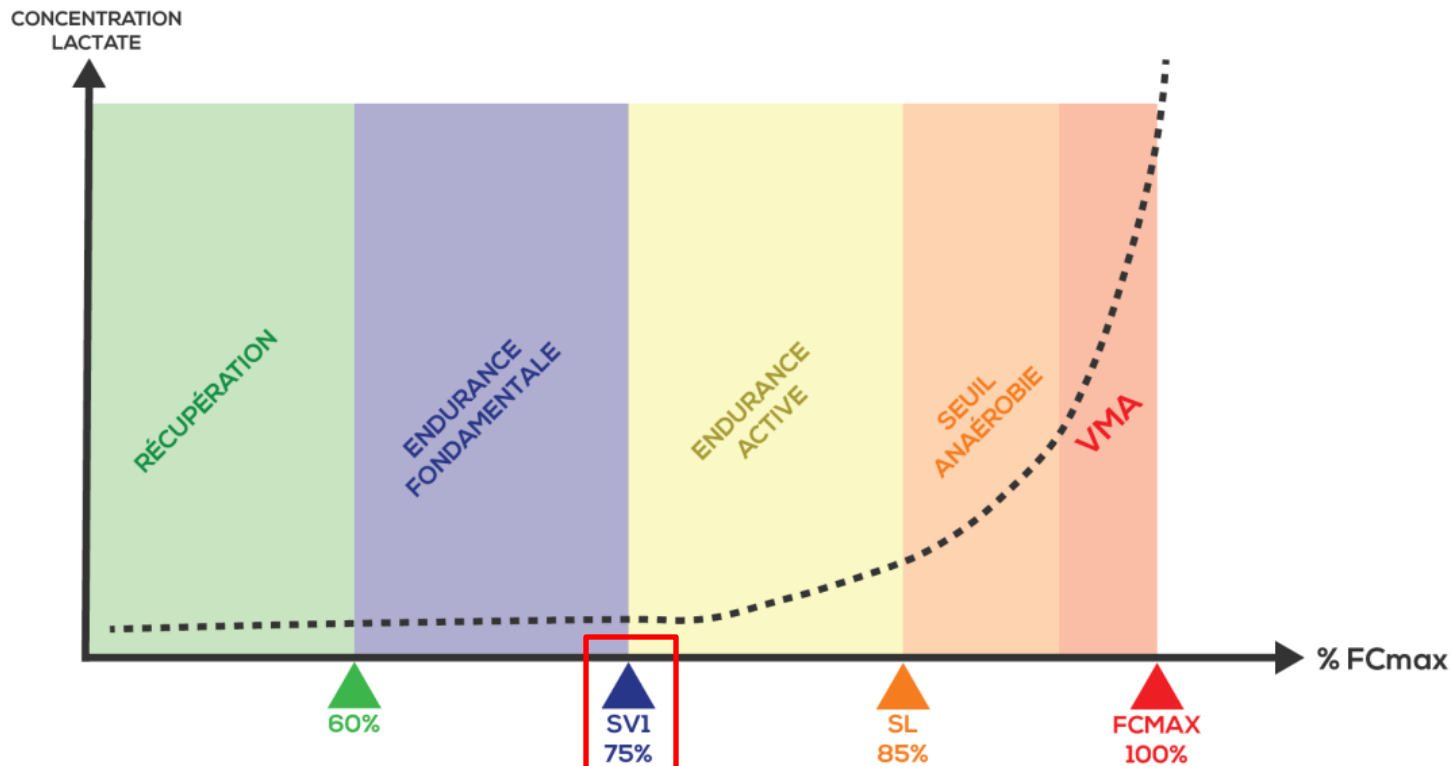
Il existe deux seuils théoriques



V. L'anaérobie lactique en pratique

Travail au seuil anaérobie

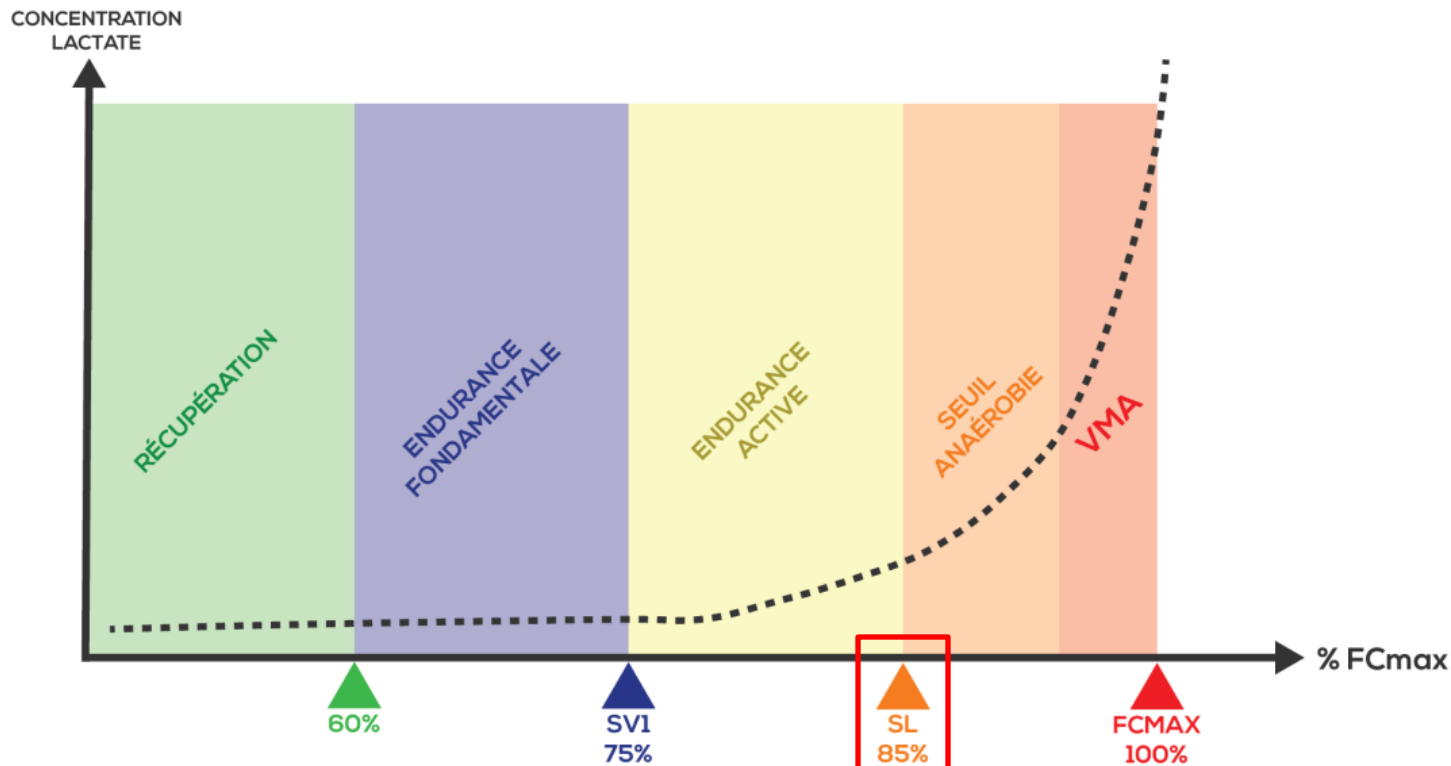
Le SV1 ou seuil d'apparition lactique, correspond généralement à 75% de la FCmax (**70-80% de VMA**) et marque le début de l'endurance active. A cette intensité, le corps commence à produire du lactate et des ions H⁺ mais les capacités tampons et de recyclage surpasse cette production lui empêchant d'être le facteur limitant de l'effort.



V. L'anaérobie lactique en pratique

Travail au seuil anaérobie

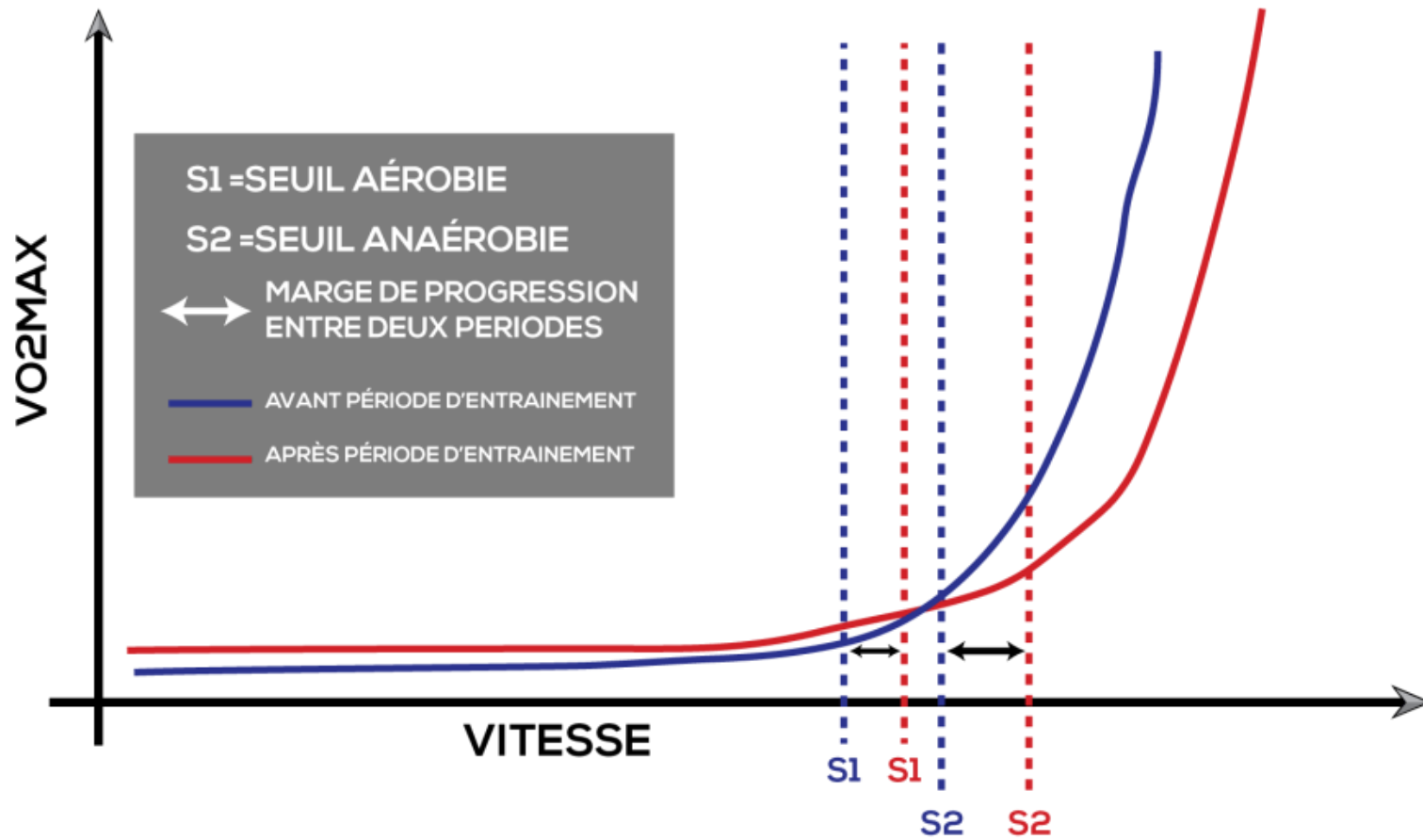
Le SV2 ou Seuil Lactique ou Seuil d'accumulation lactique correspond généralement à 85% de la FCmax (**80-90% de VMA**). A partir de ce seuil, la production de déchets devient supérieure aux capacités tampons du corps. Ils finissent par s'accumuler et à mettre un terme à l'effort plus ou moins rapidement.



V. L'anaérobie lactique en pratique

Travail au seuil anaérobie

L'objectif du travail au seuil anaérobie va être de repousser la vitesse de course à laquelle il apparait pour nous permettre de supporter longtemps des vitesses de course plus élevées.



V. L'anaérobie lactique en pratique

Travail au seuil anaérobie

- **Intensité : 80 à 100%** de VMA
- **Durée** : Efforts intermittents de **1 à 4 minutes** sur un volume total de **20 à 60 minutes**
OU efforts continus de **20 à 60 minutes** (voir +++)
- **Récupération** : **Active à basse intensité** (trottée) **égale ou inférieur** au temps d'effort, entrecoupé de **récupération passive plus longue de 2 à 4 minutes**.

Travail à VMA ou supra VMA (Capacité lactique VMA)

- **Intensité : 100% à 120%** de VMA
- **Durée** : Efforts intermittents de **10 secondes à 2 minutes** sur un volume total compris entre **3 à 4 fois le TEMPS LIMITE** (= Temps tenu à VMA)
- **Récupération** : **Active à basse intensité** voir **semi-passive égale** au temps d'effort, entrecoupé de **récupération passive de 3 à 6 minutes**.

VI. Ontogenèse

ENFANTS	POST-PUBERTÉ	SÉNIORS
<p>Filière lactique très peu développée</p> <ul style="list-style-type: none"> • Faible activité des enzymes glycolytiques (LDH, PFK). • Production de lactate très limitée. • Très faible accumulation d'H⁺ → peu de « brûlure ». • Récupération très rapide car peu de production et peu de signaux. <p>Conséquences pratiques :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Peu adaptés aux efforts lactiques > 20–30 sec. • Préfèrent spontanément les efforts courts et fréquents. • Pas de réel intérêt à travailler longuement la capacité lactique avant la puberté car ne produit pas assez pour provoquer adaptations. 	<p>Filière lactique à son niveau maximal</p> <ul style="list-style-type: none"> • Enzymes glycolytiques très développées. • Production élevée de lactate et d'H⁺. • Capacité tampon maximale. • Très grande puissance et capacité lactique. • Adaptations techniques et neuromusculaires optimales. <p>Conséquences pratiques :</p> <ul style="list-style-type: none"> • C'est la tranche d'âge où l'on peut pousser le plus loin le travail lactique. • Fort potentiel de progression en puissance (10–40 sec) et capacité (30 sec–2 min). 	<p>Diminution progressive de la filière lactique</p> <ul style="list-style-type: none"> • Baisse de la masse musculaire (sarcopénie). • Perte des fibres rapides IIa/IIx. • Baisse de l'activité glycolytique. • Moindre capacité à tamponner les H⁺. • Accumulation plus difficile → fatigue plus rapide. <p>Conséquences pratiques :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Les efforts lactiques sont plus difficiles à soutenir. <p>Accent à mettre sur :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Le renforcement musculaire, • L'entretien des fibres rapides, • L'aérobic pour améliorer le recyclage du lactate, • La technique pour limiter le coût énergétique.

VII. DEFINITION

Glycémie :

La glycémie désigne la concentration de glucose (sucre) présente dans le sang à un moment donné.

Cette mesure est exprimée en milligrammes de glucose par décilitre de sang (mg/dL) ou en millimoles par litre de sang (mmol/L).

La régulation de la glycémie est essentielle pour le bon fonctionnement du corps, car le glucose est la principale source d'énergie pour les cellules. Des niveaux de glycémie trop élevés (hyperglycémie) ou trop bas (hypoglycémie) peuvent entraîner divers problèmes de santé, notamment dans le cas du diabète, où la régulation de la glycémie est altérée.

Hyperglycémie :

L'hyperglycémie se réfère à une élévation anormale du taux de glucose dans le sang au-dessus des valeurs considérées comme normales pour un individu (1g/L de sang). Cela se produit lorsque le corps ne peut pas réguler efficacement la quantité de glucose dans le sang.

VII. DEFINITION

Glycogène :

Le glycogène est une forme de stockage du glucose dans le corps. C'est une molécule complexe formée de nombreuses unités de glucose liées entre elles de manière ramifiée. Le foie et les muscles sont les principaux sites de stockage du glycogène dans le corps humain. Lorsque l'alimentation fournit du glucose en excès, ce dernier est transformé en glycogène et stocké pour une utilisation ultérieure.

Glycogénogenèse :

La glycogénogenèse est le processus de synthèse du glycogène à partir du glucose. C'est un processus biochimique complexe qui se produit principalement dans le foie et les muscles.

Insuline :

L'insuline est une hormone produite par les cellules bêta des îlots de Langerhans dans le pancréas. Elle joue un rôle essentiel dans la régulation du métabolisme du glucose, des graisses et des protéines dans l'organisme. Elle ordonne le stockage du sucre.

VII. DEFINITION

Hypoglycémie :

L'hypoglycémie se produit lorsque le taux de glucose (sucre) dans le sang devient anormalement bas, en général en dessous de 0,7g/L de sang. Cela se produit lorsque le corps ne dispose pas de suffisamment de glucose pour répondre aux besoins énergétiques normaux des cellules.

Glucagon :

Le glucagon est une hormone produite par les cellules alpha des îlots de Langerhans, situés dans le pancréas. Il joue un rôle essentiel dans la régulation de la glycémie, agissant en opposition à l'insuline.

Glycogénolyse :

La glycogénolyse est le processus de dégradation du glycogène en glucose. Ce processus se produit principalement dans le foie et les muscles pour libérer du glucose dans le sang lorsque les niveaux de glucose dans le corps sont bas, comme pendant le jeûne ou l'exercice intense.

VII. DEFINITION

Lipogenèse :

La lipogenèse est le processus biochimique de synthèse des acides gras et des triglycérides (graisses) à partir de substrats tels que le glucose ou d'autres sources énergétiques non lipidiques. Ce processus se déroule principalement dans le foie, mais également dans les tissus adipeux (graisse).

GLUT-4 :

GLUT-4, ou transporteur de glucose de type 4, est une protéine de transport spécifique au glucose présente dans les membranes cellulaires, principalement dans les cellules musculaires et adipeuses (graisseuses). Cette protéine joue un rôle crucial dans le contrôle du taux de glucose dans le sang en permettant l'entrée du glucose à l'intérieur des cellules.